Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 19, No. 4, Oct.-Nov. 2023, p. 501-510

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، مهر - آبان ۱۴۰۲ ص. ۵۱۰-۵۰۱

Research Article
Homepage: https://ifstrj.um.ac.ir

Measurement and Comparison of Nitrate, Nitrite and Toxic Elements in First Harvest and Re-harvest Rice

Z. Soltan Touye[1], Sh. Dehghan Abkenar[2*], N. Khakipour [3]

Received: 2022.04.26
Revised: 2023.01.29
Accepted: 2023.02.04
Available Online: 2023.02.08

How to cite this article:
Soltan Touye, Z., Dehghan Abkenar, Sh., & Khakipour, N. (2023). Measurement and comparison of nitrate, nitrite and toxic elements in first harvest and re-harvest rice. *Iranian Food Science and Technology Research Journal, 19*(4), 501-510. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/ifstrj.2023.75970.1160

Introduction

Rice as a staple food, especially in Asian countries, can be a major source of heavy metals. Heavy metals also enter the soils where crops grow naturally and / or through human activities. Metals are absorbed and accumulated in the edible parts of the plant and enter the food chain. Toxic metals, which are present in nature due to industrialization, have polluted the environment, including soil, air, water and food, and have adverse effects on human health through food chains. The Codex Organization has set maximum levels for these elements in various cereals to protect trade and health. Nitrate and nitrite are naturally present in soil, water and food. But today, foods have higher levels of nitrate and nitrite. Excessive use of nitrogen fertilizers to achieve higher yields and improper disposal of human and animal wastes may lead to nitrate accumulation in agricultural products. Very few studies have been performed on the measurement of heavy metal and nitrogen indices in replanted rice. The aim of this study was to measure the amounts of heavy metals (lead, cadmium and arsenic) and the amounts of nitrate and nitrite in first harvest rice and re-harvest rice and compare it with the standard values of the World Health Organization.

Methods and Materials

In this study, a total of 18 rice samples were prepared from three selected farms in the first and second cultivation times and the amount of nitrite, nitrate and heavy metals lead, cadmium, arsenic and mercury were evaluated.

Results and Discussion

The results showed that in all farms in the second crop the concentration of lead decreased significantly ($P<0.05$). The concentration of lead in all treatments of the first crop Has been more than allowed and in the second cultivation, the treatment of field number one and two, is more than allowed ($P<0.05$). The concentration of cadmium in all treatments is within the allowable range and in the second crop compared to the first crop of fields number one and three has a significant decrease and in field number two has increased significantly ($P<0.05$). The highest amount of cadmium is related to field treatments number three. The highest amount of arsenic was observed in the first crop of farm number one and it is more than the allowable limit and in other treatments the amount of arsenic was less than the allowable level and in all three farms the concentration of arsenic in the second crop was significantly reduced compared to the first crop. Regarding mercury, in fields number one and two, with the change of cultivation, the amount of mercury increased significantly and in field number three, there was a significant decrease ($P<0.05$). Mercury concentration is less than the allowable limit only in the second culture sample of farm number three. Nitrite and nitrate concentrations were also low in all treatments and were considered zero. Experiments showed the amount of nitrite and nitrate in all samples to be negligible and undetectable. Due to the fact that the detection limit of the method (LOQ) used to measure nitrate and nitrite is 100 ppb, the amount of nitrate and nitrite in all samples can be less than 100 ppb. The permissible level of nitrate

1, 2 and 3- M.Sc. Graduated, Associate Professor and Assistan Professor of Department of Agriculture and Chemistry of Savadkooh Branch, Islamic Azad University, Savadkooh, Iran, Respectively.
(*- Corresponding Author Email: Dehghan54@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.2023.75970.1160

in food products and rice grains is set at 50 mg/kg according to national standard 16596. The results of the samples showed that all 18 samples had lower amounts of nitrate than the allowable limit. Therefore, rice samples prepared from the first and second crops, their nitrate content is less than the allowable limit and have a complete degree of health.

Conclusion

According to the results obtained, all rice cultivated in the first and second crops have some arsenic, cadmium and lead, but the amount measured in some samples is less and in others, more than specified in the national standard of Iran. their consumption may be dangerous for consumers. These results also indicate that due to the stability of the field and plant type, there is a positive and significant relationship between the amount of heavy metals studied in rice and the time of cultivation, and this requires further studies on heavy metal contamination in the region. Take place. Therefore, with the conducted studies, it can be concluded that there are concerns in the consumption of rice cultivated in the city of Mazandaran province, in terms of the possibility of endangering the health of consumers.

Keywords: First harvest, Heavy metals, Rice, Re-harvest, Nitrate, Nitrite

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 19, No. 3, Oct.-Nove. 2023, p. 501-510

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۹، شماره ۴، مهر- آبان ۱۴۰۲ ص. ۵۱۰-۵۰۱

مقاله پژوهشی

اندازه‌گیری و مقایسه مقادیر نیترات، نیتریت و عناصر سنگین در برنج برداشت اول و برداشت مجدد

زینب سلطان تویه[۱]- شیوا دهقان آبکنار[۲]*- نازنین خاکی پور[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۰۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۵

چکیده

فلزات سمی محیط زیست را آلوده کرده و از طریق زنجیره‌های غذایی اثرات نامطلوبی بر سلامتی انسان باقی می‌گذارند. امروزه موادغذایی دارای مقادیر بیشتری نیترات و نیتریت هستند. در این تحقیق از سه مزرعه انتخابی در دو زمان کشت اول و دوم ۱۸ نمونه برنج تهیه شده و میزان نیتریت، نیترات و فلزات سنگین سرب، کادمیوم، آرسنیک و جیوه مورد ارزیابی قرارگرفت. نتایج نشان داد غلظت سرب در تمامی تیمارهای کشت اول بیش از حد مجاز بوده‌است و در کشت دوم تیمار مزرعه شماره یک و دو بیش از حد مجاز می‌باشند. میزان سرب درکشت اول در زمین شماره یک، ۴۰۰ppb بوده و اگرچه در کشت دوم به میزان ۳۰۰ppb رسیده، ولی همچنان بالاتر از حد مجاز می‌باشد. غلظت این عنصر در کشت اول زمین شماره دو از ۴۷۰ppb به ۴۲۱ppb در کشت دوم رسید و در زمین شماره سه، از ۱۶۲ppb به ۵۷ppb در کشت دوم رسید. غلظت کادمیم در تمامی تیمارها در حد مجاز می‌باشد و در کشت دوم، در مزارع شماره یک و سه کاهش و در مزرعه شماره دو افزایش معنی‌دار یافته‌است. میزان کادمیم در زمین شماره یک، از ۳۰ppb به ۱۷ppb، در زمین شماره دو، از ۱۵ppb به ۲۰ppb و در زمین شماره ۳، از ۴۵ppb به ۳۷ppb رسیده‌است. مقدار آرسنیک در کشت اول مزرعه شماره یک ۱۵۸ ppb و بیشتر از حد مجاز می‌باشد و در کشت دوم زمین شماره یک، به ۱۱۵ppb کاهش یافته‌است. در زمین شماره دو، مقدار آرسنیک کمتر از حد مجاز بوده و ۸۸ppb گزارش شده است و در کشت دوم این مقدار به ۵۸ppb رسیده‌است و در زمین شماره سه، مقدار آرسنیک، از ۸۲ppb به ۷۲ppb کاهش یافته‌است. در خصوص جیوه در مزرعه شماره یک در کشت اول مقدار جیوه ۲۱ppb بوده، که در کشت دوم به ۴۰ppb افزایش یافته‌است. در مزرعه شماره دو، مقدار جیوه از ۳۳ppb به ۳۶ppb در کشت دوم افزایش یافته و در مزرعه شماره سه کاهش معنی داری داشته‌است، به صورتی‌که میزان جیوه از ۲۵ppb به ۱۲ppb کاهش یافت. غلظت نیتریت و نیترات نیز در تمامی تیمارها ناچیز بوده‌است. با توجه به نتایج به دست‌آمده تمامی برنج‌های کشت شده در کشت اول و کشت دوم دارای مقداری آرسنیک، کادمیوم و سرب هستند. میزان اندازه‌گیری شده در برخی نمونه‌ها بیشتر از حد تعیین‌شده در استاندارد ملی ایران است و مصرف آنها می‌تواند برای مصرف‌کنندگان خطرناک باشد.

واژه‌های کلیدی: کشت اول برنج، کشت مجدد، فلزات سنگین، نیترات، نیتریت

مقدمه

فلزات سمی که وجود آنها در طبیعت، ناشی از صنعتی شدن است، محیط‌زیست شامل خاک، هوا، آب و غذا را آلوده کرده‌اند و از طریق زنجیره‌های غذایی اثرات نامطلوبی بر سلامتی انسان باقی می‌گذارند (Tchounwou *et al*,. 2012). قرار گرفتن در معرض سطوح کم و زیاد آرسنیک (As)، سرب (Pb) و کادمیوم (Cd) می‌تواند عامل ایجاد بیماری‌های مختلفی باشد (Kim *et al*., 2015). قرار گرفتن انسان در معرض این فلزات سمی می‌تواند از طریق شغل، آلودگی هوا یا رژیم غذایی رخ دهد. قرار گرفتن در معرض رژیم غذایی حاوی عناصر سنگین، رایج‌ترین مسیری است که از طریق آن این فلزات سمی وارد

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه کشاورزی و شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه، سوادکوه، ایران
(* - نویسنده مسئول: Email: dehghan54@yahoo.com)

DOI: 10.22067/ifstrj.2023.75970.1160

بدن انسان می‌شود (Deng *et al*., 2019). برنج پس از گندم پرمصرف‌ترین غلات در سطح جهان به‌ویژه در کشورهای آسیایی به شمار می‌رود. در ایران برنج بعد از گندم دومین محصول پرمصرف می‌باشد (Amirahmadi *et al*., 2015). غلاتی مانند برنج، ذرت، گندم، لوبیا، جو دوسر، عدس و نخود بخش عمده‌ای از رژیم غذایی روزانه هستند که کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها و سایر مواد مغذی را برای مردم سراسر جهان فراهم می‌کنند. این غلات و حبوبات ممکن است حاوی فلزات سمی باشند که بدن انسان می‌تواند از طریق بلع در معرض آنها قرارگیرد. در طی تحقیقات متعدد ثابت شده که برنج فلزات بیشتری نسبت به سایر غلات انباشته می‌کند (Khanam *et al*., 2020). این امر به دلایل متعددی نظیر نزدیکی زمین‌های کشت برنج به مناطق شهری و صنعتی، کودهای فسفره، فاکتورهای خاکی، عملیات آبیاری و شرایط اکسیداسیون و احیا در شالیزارها می‌باشد (Meharg *et al*., 2013). بنابراین، به عنوان یک غذای اصلی به‌ویژه در کشورهای آسیایی، می‌تواند منبع اصلی دریافت فلزات سمی باشد (Meharg *et al*., 2013). فلزات سمی هم به‌طور طبیعی و/یا از طریق فعالیت‌های انسانی وارد خاک‌هایی می‌شوند که محصولات در آن رشد می‌کنند (Wuana and Okieimen, 2011). فلزات، جذب شده و در قسمت های خوراکی گیاه جمع می‌شوند و وارد زنجیره غذایی می‌گردند. سازمان کدکس حداکثر سطوح مجاز برای این عناصر را در غلات مختلف برای محافظت از تجارت و سلامت تعیین کرده‌است (Codex, 2014). حد مجاز کادمیم در برنج براساس استاندارد تعیین‌شده توسط کمیته تخصصی مشترک FAO/WHO در مورد افزودنی‌های غذایی JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive) معادل ۰/۲mg kg^{-1} می‌باشد (WHO, 2004) و براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۲۹۶۸ معادل ۰/۰۶ mg kg^{-1} می‌باشد. این استاندارد حداکثر مقدار مجاز سرب و آرسنیک را در برنج معادل ۰/۱۵ mg kg^{-1} اعلام کرده‌است (ISIRI, 2010). به‌دلیل نیاز روزانه به تغذیه، ارزیابی قرارگرفتن در معرض فلزات سمی از طریق مصرف غلات اصلی و حبوبات نیاز به توجه دارد (Tatahmentan *et al*., 2020).

نیترات و نیتریت به طور طبیعی در خاک، آب و غذاها وجود دارند. اما امروزه مواد غذایی دارای مقادیر بیشتری نیترات و نیتریت هستند. زیرا کاربرد زیاد کودهای نیتروژن‌دار برای دستیابی به عملکرد بیشتر و دفع نادرست فضولات انسانی و حیوانی ممکن است، منجر به تجمع نیترات در محصولات کشاورزی شود (Bian *et al*., 2020). نیترات و نیتریت به‌عنوان افزودنی‌های غذایی نیز استفاده می‌شوند. علاوه براین تجمع نیتریت و نیترات به دلیل فعالیت میکروارگانیسم‌ها برروی ترکیبات آلی نیتروژن نیز رخ می‌دهد (Sivasinthujah *et al*., 2014). واکنش‌های نیترات و نیتریت ممکن‌است باعث ایجاد نیتروزآمین سرطان‌زا در محصولات غذایی شود. انسان در معرض طیف وسیعی از ترکیبات نیتروزآمین از رژیم غذایی، سیگار کشیدن، محل کار و آب آشامیدنی است که منبع اصلی تجمع این ترکیب می‌باشند. سبزیجات و آب آشامیدنی منابع اصلی دریافت نیتریت و نیترات هستند (تقریباً ۸۰ درصد) و سایر منابع سهم کمتری در رژیم غذایی دارند (Atefi and Mahmoudzadeh, 2021). مطالعات متعددی در بررسی غلظت عناصر سنگین و مطالعات محدودی بر میزان نیترات و نیتریت موجود در نمونه‌های برنج در نقاط مختلف دنیا انجام گرفته‌است. رضایی و همکاران (Rezaei *et al*., 2021) در مطالعه‌ای برروی برنج‌های کشت شده در استان هرمزگان و نمونه برنج‌های پاکستانی و هندی موجود در بازار، انجام دادند، گزارش کردند غلظت کادمیم، آرسنیک و سرب در برنج‌های محلی، پایین‌تر از نمونه‌های خارجی موجود در بازار بود. در تحقیقی که کورموکر و همکاران (Kormoker *et al*., 2021) بر روی برنج‌های کشت شده در بنگلادش انجام دادند، گزارش کردند غلظت کروم، سرب، آرسنیک و کادمیم در نمونه‌های برنج مطالعه شده، از استانداردهای فائو و سازمان بهداشت جهانی بالاتر بود. در گزارشی که وهاجی و همکاران (Vahaji *et al*., 2020) منتشر کردند، برنج‌های کشت شده در قسمت‌های مختلف استان گیلان مورد بررسی قرارگرفت. آنها گزارش کردند غلظت عناصر سنگین سرب، کادمیم، کروم و نیکل در بخش‌های مختلف متفاوت بوده، اما غلظت تمامی عناصر پایین‌تر از استانداردهای فائو و سازمان بهداشت جهانی بود. در مطالعه‌ای که در سال ۱۳۹۸ در منطقه ابرج استان فارس توسط نوذری انجام شد، میزان عناصر سرب، کادمیم و نیتروژن در برنج اندازه‌گیری شد. نوذری (Nozari, 2018) گزارش کرد میزان کادمیوم و سرب در خاک و دانه برنج، کمتر از میزان استاندارد ملی کشاورزی است که بیانگر فقدان آلودگی به سرب و کادمیوم در برنج تولید شده است. از طرف دیگر میزان نیتروژن در خاک و دانه برنج، بالاتر از حد استاندارد ملی کشاورزی است که نشان دهنده آلودگی خاک به نیترات و تجمع بیش از حد آن، در برنج تولید شده در این منطقه است (Nozari, 2018). شیرزاد و خاکی پور (Shirzad and Khakipour, 2021) در مطالعه ای برروی برنج عنبربو در منطقه خوزستان انجام دادند، گزارش کردند میزان آلودگی برنج عنبر بو به فلزات سنگین، پایین‌تر از حدود استاندارد سازمان بهداشت جهانیست و مصرف آن بلامانع می‌باشد. در سال‌های اخیر افزایش تقاضا و قیمت برنج از یک‌سو و کاهش روزافزون زمین های کشاورزی از سویی دیگر، موجب رغبت کشاورزان به کشت مجدد برنج در شالیزارهای استان مازندران گردیده‌است (Nouri *et al*., 2014). اما مطالعات بسیار کمی بر اندازه‌گیری شاخص فلزات سنگین و نیتروژن در برنج کشت مجدد صورت گرفته‌است. هدف از این مطالعه، اندازه‌گیری مقادیر فلزات سنگین (سرب، کادمیم و آرسنیک) و مقادیر

نیترات و نیتریت، در برنج برداشت اول و برنج برداشت مجدد و مقایسه آن با مقادیر استاندارد سازمان بهداشت جهانی بود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از سه مزرعه انتخابی در جنوب غربی شهرستان بابل، در دو زمان کشت اول (تیرماه ۱۳۹۸) و دوم (آبان ماه ۱۳۹۸) مجموعا شش نمونه برنج با در نظر گرفتن سه تکرار به ازای هر نمونه، تهیه گردید. مزرعه شماره ۱ در مجاورت جاده قدیم آمل به بابل، مزرعه شماره ۲ در فاصله کوتاهی از این مزرعه و مزرعه شماره ۳، در مرکز روستای مجاور در میان سایر شالیزارها واقع شده است. برنج های مورد نظر پس از نمونه‌برداری به آزمایشگاه دانشگاه تهران منتقل شد و فلزات سنگین آرسنیک، سرب و کادمیوم و جیوه و نیترات و نیتریت در آنها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

آماده‌سازی نمونه برنج جهت اندازه‌گیری عناصرسنگین

مقدار ۲۰ گرم از نمونه را با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ گرم، داخل یک کروزه، وزن کرده و به منظور خشک‌کردن نمونه، کروزه روی هیتر و در محدوده دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. برای انجام عمل خاکسترسازی کروزه را داخل کوره با دمای اولیه ۱۰۰ درجه سلسیوس قرار داده شد و به‌تدریج دمای کوره با سرعت تغییر دمای ۵۰ درجه سلسیوس در هر ساعت، تا دمای حداکثر ۵۰ ± ۵۰۰ درجه سلسیوس افزایش داده و کروزه‌ها حداقل به مدت ۸ ساعت در این دما قرار داده‌شدند. مرحله خنک‌کردن کروزه و مرطوب کردن با آب و مجددا قرارگرفتن داخل کوره تا تبدیل کامل نمونه به خاکستر (به رنگ سفید مایل به خاکستری) تکرار شد. بعد از تبدیل کامل نمونه به خاکستر، مقدار ۵۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۶ مولار داخل کروزه اضافه‌شده، بطوری‌که تمام محتویات خاکستر داخل کروزه، به اسید اضافه‌شده آغشته‌گشت. سپس با قراردادن کروزه روی حمام آب یا هیتر، اسید اضافه‌شده تبخیرگردید. به‌منظور حل نمودن محتویات باقی‌مانده داخل کروزه، مقدار ۳۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۰/۱ مولار به داخل کروزه اضافه شد، بطوریکه تمام محتویات به اسید آغشته‌شد. پس از آن با قراردادن یک عدد شیشه ساعت، روی کروزه پوشانده‌شده و تا مدت ۱ الی ۲ ساعت در این حالت قرارگرفت. برای اندازه‌گیری عناصر سرب، کادمیم، جیوه و آرسنیک، از دستگاه طیف سنج نشری پلاسمای جفت شده القایی (ICP-OES) مدل 730-ES ساخت شرکت Varian ایالات متحده آمریکا استفاده شد. محلول‌های استاندارد جهت رسم منحنی کالیبراسیون در محدوده غلظت‌های ppb ۱۰ تاppb ۱۰۰ تهیه شدند.

آماده‌سازی نمونه برنج جهت اندازه‌گیری نیترات و نیتریت

بعد از تهیه نمونه‌ها و انتقال به آزمایشگاه، نمونه‌های برنج با آب دیونیزه شسته شد و در دمای اتاق خشک گردید. پس از آسیاب شدن، از الک ۰/۳میلی‌متر عبور داده و آماده تجزیه شدند. جهت انجام عمل استخراج یون نیترات و نیتریت، به ۱۰ گرم از نمونه، ۵۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه ۳۵ درجه سلسیوس اضافه‌گردید. پس از آن با قراردادن یک عدد شیشه ساعت، روی بشر پوشانده‌شده و تا مدت ۱ الی ۲ ساعت در این حالت قرارگرفت. سپس با وسیله‌ای نظیر میله شیشه‌ای، محلول داخل بشر به هم زده شد تا محتویات داخل بشر کاملا یکنواخت شوند. در این مرحله چند میکرولیتر از محلول بالای نمونه به دستگاه کروماتوگرافی یونی کمپانی واترز Waters تزریق گردید. جداسازی کروماتوگرافی با ستون Waters IC-Pak Anion HR Column, 4.6 x 75 mm - WAT026765 به‌دست آمد و یون‌های جداشده توسط یک آشکارساز هدایت‌سنجی شناسایی شدند. هدایت الکتریکی آنیونهای جداسازی شده، اندازه‌گیری شده و مقدار آنها، با اندازه‌گیری سطح زیر پیک بدست آمد. حجم تزریق نمونه، ۱۰۰ میکرولیتر بوده و از محلول $Na_2CO_3/NaHCO_3$ به عنوان محلول شوینده استفاده گردید. محلول شستشو قبل از استفاده گاززدایی گردید. دمای ستون بر روی ۳۰ درجه سلسیوس و سرعت جریان ۰/۲ میلی‌لیتر در دقیقه تنظیم گردید.

آنالیز داده‌ها با استفاده از جداول تجزیه واریانس با استفاده از نرم افزار SPSS و مقایسه میانگین در سطح اطمینان ۹۵ درصد با آزمون دانکن انجام شد و کلیه نتایج بر اساس میانگین ۳ تکرار ارائه شد. کلیه جداول و نمودارها نیز با نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

بررسی میزان فلزات سنگین در نمونه‌های برنج

جدول آنالیز واریانس مربوط به فلزات سنگین سرب، کادمیم، آرسنیک و جیوه در کشت‌های اول و دوم برنج در سه زمین کشاورزی مختلف در جدول ۱ ارائه شده و سطوح معناداری تیمارها نیز برای هر فلز سنگین مشخص گردیده است.

همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌کنید از نظر آماری، مقادیر تمام فلزات سنگین سرب، کادمیم، آرسنیک و جیوه در محصول برنج تحت تأثیر شرایط زمین کشاورزی و نوع کشت اول و دوم می‌باشند. همچنین اثر متقابل آنها در سطح احتمال پنج درصد معنادار شده است که نشان می‌دهد نوع کشت و زمین کشاورزی بطور همزمان در مقادیر فلزات سنگین موثر بوده‌است.

جدول ۱- میانگین مربعات میزان فلزات سنگین تحت تأثیر زمین کشاورزی و نوع کشت در محصول برنج

Table 1- Average squares of heavy metals affected by agricultural land and type of cultivation in rice crop

منابع تغییرات **Source of changes**	درجه آزادی **Degree freedom**	آرسنیک (As)	کادمیم (Cd)	سرب (Pb)	جیوه (Hg)
زمین کشاورزی (Land)	2	7588.5*	894.5*	86797.0*	416.0*
نوع کشت (Type of cultivation)	1	3444.5*	128.0*	14280.0*	40.5*
زمین کشاورزی× نوع کشت (Land× Type of cultivation)	2	414.5*	129.5*	113535.0*	384.0*
خطا (Error)	12	6.27	0.73	9.0	1.568
ضریب تغییرات (٪) (Coefficient of variance)	----	10.19	12.41	11.79	12.37

* : اختلاف معنادار در سطح ۵ درصد ($F_{(1,12,0.05)}=4.75$ و $F_{(2,12,0.05)}=3.89$) $P\leq0.05$

** : اختلاف معنادار در سطح ۱ درصد ($F_{(1,12,0.01)}=9.33$ و $F_{(2,12,0.01)}=6.93$) $P\leq0.01$

در ادامه آزمون مقایسه بین میانگین‌ها در اثرات ساده نشان می‌دهد که مقادیر فلزات سنگین در محصول برنج در نوع زمین کشاورزی و نیز نوع کشت کاملاً متفاوت است. به طوری که معمولاً بالاترین مقادیر فلزات سنگین در محصولات زمین کشاورزی ۱ و کمترین مقادیر آنان در زمین کشاورزی ۳ بوده است و نیز در کشت اول مقادیر سرب و جیوه نسبت به کشت دوم پائین‌تر می‌باشد و مقادیر کادمیم و آرسنیک در کشت اول بیشتر از کشت دوم است.

مقایسه میزان فلزات سنگین موجود در نمونه‌های برنج با حد استاندارد

در جدول ۲ مقدار فلزات سنگین موجود در کشت اول و دوم برنج با حد مجاز استاندارد مقایسه گردید تا استنباط شود که از نظر آماری تفاوت معناداری بین مقدار فلزات سنگین موجود در برنج و حد مجاز استاندارد وجود دارد یا خیر. آزمون مربوطه با استفاده از آزمون t تک نمونه‌ای صورت گرفته و حد مجاز استاندارد برای فلزات سرب و آرسنیک ppb ۱۵۰ و برای کادمیم ppb ۶۰ تعیین شده است (ISIRI, 2010). حد مجاز استاندارد برای جیوه در استاندارد ملی ایران ذکر نشده اما سازمان کدکس این حد را برای جیوه ppb ۳۰ ذکر کرده است (FAO/WHO, 2014).

فلزات سنگینی نظیر آرسنیک، جیوه، سلنیم، سرب و کادمیم بطور طبیعی در خاک‌های شالیزار یافت می‌شوند (Khanam *et al*., 2020). نتایج ارزیابی نشان داد که در ۸۳ درصد نمونه‌ها، میزان سرب بیش از حد مجاز می‌باشد که نیاز به توجه و بررسی بیشتری دارد. در خصوص بررسی اختلاف مقدار فلز سنگین سرب بین تیمارهای مختلف اعم از مزرعه و زمان کشت، نتایج بیانگر آنست که در تمامی مزارع، در کشت دوم غلظت سرب کاهش معنی‌داری می‌یابد اگرچه در مزرعه شماره یک و دو، همچنان بالاتر از حد مجاز می‌باشد (P<۰/۰۵). منشا سرب در زمینهای کشاورزی می‌تواند گازوئیل حاوی تترااتیل‌سرب، کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و اضافه‌کردن لجن فاضلاب به خاک باشد (Davis *et al*., 1993). نزدیکی مزارع مورد مطالعه به جاده آمل- بابل می‌تواند از دلایل اصلی بالا بودن میزان سرب در آن باشد. به خاطر پتانسیل سمیت و مصرف بالای جهانی، سرب بعد از آرسنیک در زمره سمی‌ترین فلزات سنگین قرار می‌گیرد (ATSDR, 2003). سرب موجود در خاک، به‌راحتی توسط ریشه جذب شده و وارد بخش‌های خوراکی گیاه شده و در نهایت به زنجیره غذایی وارد می‌شود (Khanam *et al*., 2020). در حالت طبیعی، آرسنیک در کانی‌ها در ترکیب با گوگرد و سایر فلزات وجود دارد (States, 2015). استفاده از آب‌های زیرزمینی آلوده به آرسنیک برای آبیاری، استخراج ناموازن معادن، کودهای شیمیایی حاوی آرسنیک بطور معنی‌داری میزان آرسنیک را در خاک‌های کشاورزی بالا می‌برد (Punshon *et al*., 2017). نتایج ارزیابی نمونه‌های برنج نشان داد که تمام نمونه‌ها به جز یک نمونه، کمتر از حد مجاز آرسنیک دارند. بیشترین مقدار آرسنیک در کشت اول مزرعه شماره یک مشاهده شده و اندکی بیشتر از حد مجاز می‌باشد و در سایر تیمارها مقدار آرسنیک کمتر از حد مجاز بوده و در هر سه مزرعه غلظت آرسنیک در کشت دوم کاهش معنی‌داری نسبت به کشت اول داشتهاست (P<۰/۰۵). حد مجاز استاندارد برای فلزات سرب و آرسنیک ppb ۱۵۰بر اساس استاندارد شماره ۱۲۹۶۸ ذکر شده است.

جدول ۲- بررسی میانگین غلظت فلزات سنگین سرب، کادمیم، آرسنیک و جیوه در برنج با حد مجاز استاندارد

Table 2- Evaluation of average of heavy metals lead, Arsenic, Cadmium and Mercury in rice with standard allowable limit

نوع زمین و نوع کشت برنج Cultivation and Land	حد مجاز استاندارد Standard limit (ppb) (Pb , As)	حد مجاز استاندارد Standard limit (ppb) (Cd)	حد مجاز استاندارد Standard limit (ppb) (Hg)	میانگین و انحراف معیار (Mean± SD) Pb	میانگین و انحراف معیار (Mean± SD) As	میانگین و انحراف معیار (Mean± SD) Cd	میانگین و انحراف معیار (Mean± SD) Hg
زمین۱-کشت اول First Cultivation-Land1	150	60	30	400.3*±0.9	158±0.0	30.0±0.8	21.1±0.6
زمین۱-کشت دوم Second cultivation-Land1	150	60	30	300.0*±0.8	115.4±0.2	17.0±0.6	40.1±0.2
زمین۲-کشت اول First Cultivation-Land2	150	60	30	470*.0±1.3	88.2±0.3	15.0±0.6	33.1±0.8
زمین۲-کشت دوم Second cultivation-Land1	150	60	30	421.0*±4.1	58.1±0.2	20.0±0.9	36.1±0.0
زمین۳-کشت اول First Cultivation-Land1	150	60	30	162.0*±1.9	82.1±0.6	45.1±0.1	25.0±0.9
زمین۳-کشت دوم Second cultivation-Land1	150	60	30	57.0±0.9	72.1±0.3	37.1±0.0	12.0±0.6

کادمیم به ندرت به‌عنوان یک فلز خالص در طبیعت یافت می‌شود، اما اغلب در ترکیب با سولفید روی در کانی‌های معدنی دیده می‌شود. در خاک‌های کشاورزی از طریق هوا یا آب آبیاری وارد می‌شود (Kikuchi *et al*., 2007). کودهای فسفره، لجن فاضلاب، زه‌آب معادن و مصرف سوخت‌های فسیلی از دلایل وجود کادمیم در خاک‌ها می‌باشند (Roberts, 2014). با ارزیابی نمونه‌ها مشخص شد مقدارکادمیم در همه نمونه‌ها کمتر از حد مجاز می‌باشد. بنابراین تمام نمونه‌ها از نظر سمیت کادمیم، از درجه سلامتی مناسبی برخوردار می باشند. در مزارع شماره یک و سه در کشت دوم مقدار فلز سنگین کادمیم کاهش معنی‌داری نسبت به کشت اول یافته و در زمین شماره دو با تغییر کشت مقدار کادمیم افزایش معنی‌دار یافته است (P<۰/۰۵). بیشترین غلظت کادمیم نیز مربوط به تیمارهای مزرعه شماره سه می باشد. حد مجاز استاندارد برای کادمیم ۶۰ ppb بر اساس استاندارد شماره ۱۲۹۶۸ ذکر شده‌است. کمیته مشترک FAO و WHO میزان عناصر سنگین در موادغذایی، که PTWI نامیده می شود را در برنج تعیین کرده‌است که برای جیوه ۵ میکروگرم بر کیلوگرم به ازاء وزن بدن هر فرد در هفته می‌باشد (WHO, 2004). حد قابل قبول جیوه در خاک بر اساس استانداردهای سازمان کدکس، ۳۰ ppb می‌باشد (FAO/WHO, 2014). جیوه بطور طبیعی به‌وسیله فعالیت‌های آتشفشانی و سایر فعالیت‌های حرارتی زمین، در محیط، آزاد می‌گردد (Pirrone *et al*., 2010). فعالیت‌های ناشی از انسان نظیر معدن‌کاری، ذوب فلزات و استفاده از سوخت‌های فسیلی، بطور متوسط ۳۰ درصد از کل جیوه روی زمین را شامل می‌شود (Selin, 2009). میزان سمیت جیوه در خاک تا حدود زیادی به فرم شیمیایی آن وابسته است. جیوه توسط باکتری‌ها به متیل جیوه تبدیل می‌شود که سمی‌ترین شکل آن به شمار می‌رود (Nies, 2003). یکی از ریسک‌های اصلی سلامتی، دریافت متیل جیوه توسط انسان‌ها از طریق برنج است (Rotenberg *et al*., 2012). در مناطقی که آلوده به جیوه باشند، برنج می تواند منبع اولیه متیل جیوه باشد (Zhang *et al*., 2010). در مزارع شماره یک و دو با تغییر کشت، مقدار جیوه افزایش معنی‌داری یافته است و در مزرعه شماره سه کاهش معنی‌داری در این شاخص دیده می‌شود. بیشترین مقدار جیوه در تیمار کشت دوم مزرعه شماره ۱ مشاهده شده است

(P<۰/۰۵). غلظت جیوه تنها در تیمار کشت دوم مزرعه شماره سه کمتر از حد مجاز می‌باشد. در مجموع می‌توان گفت با توجه به سطوح معناداری آزمون، تفاوت معناداری بین مقادیر فلز سنگین کادمیوم با حد مجاز استاندارد، هم در کشت اول و هم در کشت دوم مشاهده شده‌است. در مورد فلز سنگین آرسنیک می‌توان بیان نمود که در کشت اول زمین کشاورزی شماره ۱ مقدار این فلز در محصول برنج از حد مجاز فراتر رفته و در بقیه موارد زیر حد مجاز بوده و از مقدار حد مجاز استاندارد خارج نشده است. اما در مورد فلزات سنگین سرب و جیوه فقط کشت دوم محصول برنج در زمین کشاورزی شماره ۳ زیر حد مجاز استاندارد بوده و در بقیه موارد خارج از حد مجاز استاندارد بوده‌است (P<۰/۰۵). در مطالعه ای که اکبری و چراغی (Akbari and Cheraghi, 2019) در سال ۱۳۹۸ بر روی برنج‌های عرضه‌شده در شهرستان همدان انجام دادند، گزارش کردند که از ده نوع محصول برنج موجود در بازار، غلظت سرب در تمامی نمونه‌ها بیش از حد مجاز بود. چائو و همکاران (Cao *et al.*, 2010) میزان سرب را در برنج رشد کرده در شهر جیانگسو کشور چین اندازه‌گیری‌کردند و میزان این فلز را در نمونه برنج مورد بررسی ppm ۰/۰۵۴ گزارش‌کردند. این تحقیق با یافته های شکرزاده (Shokrzadeh, 2012) مطابقت دارد. در مطالعه ای که فرهمندفر و همکاران (Farahmandfar *et al.*, 2019) در سال ۱۳۹۷بر روی برنج‌های استان مازندران انجام دادند گزارش کردند میزان کادمیم در ۱۵ درصد نمونه‌ها بیش از حد مجاز بود. چائو و همکاران (Cao *et al.*, 2010) غلظت میانگین کادمیم را ppm ۰/۰۱۴ در برنج در جیانگسوی چین گزارش کردند. این مقدار پایین تر از ماکزیمم غلظت قابل‌تحمل در چین بود، این نتایج با یافته‌های شکرزاده (Shokrzadeh, 2012) مطابقت ندارد و این محققین مقدار کادمیم بیش از حدمجاز در برنج‌ها را اثبات نمودند. آرسنیک فلز دیگری است که به علت خطرات آن برای سلامت انسان در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده گویای این مطلب است که میزان این فلز در تمامی برنج‌های مورد مطالعه کمتر از حد تعیین‌شده در استاندارد ملی است و مصرف آنها بلامانع است (P<۰/۰۵). یافته‌های این تحقیق با نتایج کلاه کج و همکاران (Kolahkaj *et al.*, 2017) مغایرت دارد.

میزان و فرم جیوه در برنج می‌تواند تحت تأثیر کودها و سایر افزودنی‌های خاک قرار گیرد. مطالعاتی به‌منظور بررسی اثر مصرف ۲۴ ساله کودهای شیمیایی و افزودنی‌های آلی بر جیوه کل و متیل جیوه و جابه‌جایی آنها در خاک، گیاهان و دانه برنج انجام شد. تمام تیمارها نشاندهنده غلظت قابل‌توجه بالای متیل‌جیوه در دانه نسبت به تیمارهای شاهد بودند (Tang *et al.*, 2017). کرباسی و همکاران (Karbasi *et al.*, 2010) مقدار جیوه را صفر اعلام نمودند و این نتایج، مغایر با یافته های این تحقیق می‌باشد (P<۰/۰۵).

بررسی میزان نیتریت و نیترات در نمونه‌های برنج

آزمایشات انجام‌شده مقدار نیتریت و نیترات را در تمامی نمونه‌ها ناچیز و غیرقابل تشخیص نشان داد. با توجه به اینکه حد قابل اندازه گیری[1] (LOQ) به کار برده‌شده جهت اندازه‌گیری نیترات و نیتریت ۱۰۰ppb محاسبه شده‌است، می‌توان مقدار نیترات و نیتریت را در همه نمونه‌ها کمتر از ppb ۱۰۰ اعلام کرد. میزان حد مجاز نیترات در محصولات غذایی و دانه برنج بر اساس استاندارد ملی ۱۶۵۹۶ مقدار ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم تعیین شده‌است. نتایج بررسی نمونه‌ها نشان داد که تمامی ۱۸ نمونه دارای مقادیر کمتری از نیترات نسبت به حد مجاز تعیین شده‌اند. بنابراین نمونه‌های برنج تهیه‌شده از محصول کشت اول و دوم، مقدار نیترات آنها کمتر از حد مجاز بوده و از درجه سلامت کامل برخوردار می‌باشند. این نتیجه بیانگر این است که اگر چه در برخی از مزارع به ویژه در برداشت مجدد، مقدار مصرف کود اوره بیشتر از مقدار توصیه شده‌بود، اما میزان جذب آن در دانه برنج و تبدیل به نیترات که به عنوان یک ماده سمی قلمداد می‌شود، موثر نبود. این نتیجه می تواند نشان‌دهنده این موضوع باشد که مصرف زیاد کود اوره منجر به تلفات زیاد کود از طریق تصعید و یا آبشویی شده و یا احتمالا باعث افزایش مقدار نیترات در خاک، آب‌های زیر زمینی و یا کاه می‌گردد که نیاز به بررسی‌های تکمیلی در این خصوص می باشد. در مورد نیترات و نیتریت اندازه‌گیری‌شده در نمونه‌های برنج، همانطور که گفته‌شد با توجه به بررسی‌های بعمل آمده هیچ یک از تیمارهای مورد بررسی دارای مقادیر قابل تشخیص از این ترکیبات نبوده‌اند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست‌آمده تمامی برنج‌های کشت‌شده در کشت اول و کشت دوم دارای مقداری آرسنیک، کادمیوم، سرب و جیوه هستند ولی میزان اندازه‌گیری شده در برخی نمونه‌ها کمتر و در برخی دیگر، بیشتر از حد تعیین‌شده در استاندارد ملی ایران است و ممکن است مصرف آنها برای مصرف‌کنندگان خطرناک باشد. همچنین این نتایج نشان‌دهنده آن است که با توجه به ثابت بودن مزرعه و نوع گیاه ارتباط مثبت و معنی‌داری بین میزان فلزات سنگین مورد بررسی در برنج و زمان کشت وجود دارد و بررسی‌های بیشتری برروی آلودگی‌های منطقه به فلزات سنگین مورد نیاز است. بنابراین نگرانی‌هایی در مصرف برنج های کشت شده در شهرستان مورد مطالعه در استان مازندران، از نظر احتمال به خطرافتادن سلامت مصرف‌کنندگان وجود دارد. همچنین

1- Limit of Quantification

می‌توان دریافت با تغییر زمان کاشت، میزان این فلزات در محصولات رشد یافته تغییر پیدا می‌کند. برای کنترل آلودگی و جلوگیری از ورود آن به محصولات کشاورزی پیشنهاد می‌شود بررسی‌های زیست‌محیطی در خاک و محصولات کشاورزی منطقه به طور مستمر انجام گرفته و غلظت آلاینده‌های فلزی در خاک و محصولات کشاورزی به‌طور سالیانه تعیین گردد.

منابع

1. Akbari, Sh., & Cheraghi, M. (2019). Investigation of the concentration of heavy metals zinc, lead and cadmium in rice offered in the consumer market of Hamadan. *Journal of Environmental Science and Technology*, *21*(8), 13-22. https://doi.org/10.22034/jest.2020.16352.3260
2. Amirahmadi, N., Abdpoor, A., Bagheri, A., & Keyvanbehjoo, F. (2015). *Study and comparison between farm and rice production using two management systems.* 3th National Congress on Organic and Conventional, Ardebil, Iran. (In Persian)
3. Atefi, M., & Mahmoudzadeh, M. (2021). Determination of nitrate and nitrite in agricultural crops distributed in northeast of Iran. *Human, Health and Halal Metrics*, *2*(2), 18-24. https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=901033
4. ATSDR, (2003). Agency for Toxic Substances and Disease Registry of the U.S. Department of Health and Human Services. http://www.atsdr.cdc.gov/spl/.
5. Bosque, M.A., Schuhmacher, M., Domino, J.L., & Lobet, J.M. (1990). Concentration of Lead and Cadmium in edible in vegetable from Tarragona province Spain. *Science of the Total Environment*, *95*, 61-67.
6. Bian, Zh., Wang, Y., Zhang, X., Li., T., Grundy, S., Yang, Q., & Cheng, R. (2020). A review of environment effects on nitrate accumulation in leafy vegetables grown in controlled environments. *Foods Review.*
7. Cao, H., Chen, J., Zhang, J., Zhang, H., Qiao, L., & Men, Y. (2010). Heavy metals in rice and garden vegetables and their risks to inhabitants in the vicinity of an industrial zone in Jiangsu, China. *Journal of Environmental Sciences*, *22*, 1792-1799.
8. Codex Alimentarius, Commission. (2014). Report of the Eighth Session of the Codex Committee on Contaminants in Foods. In Proceedings of the Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Alimentarius Commission 37th Session, Geneva, Switzerland, December 2014. [Google Scholar]
9. Davis, J.M., Elias, R.W., & Grant, L.D. (1993). Current issues in human lead exposure and regulation of lead. *Neurotoxicology*, *14*, 2–3, 15–27.
10. Deng, F., Yu, M., Martinoia, E., & Song, W.Y. (2019). Ideal cereals with lower arsenic and cadmium by accurately enhancing vacuolar sequestration capacity. *Frontiers in Genetics*, *10*, 322. https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00322
11. Farahmandfar, R., Esna Ashari, M., Rashidai Abandansari S., & Maghsoudloo E. (2019). Investigation of mycotoxins and heavy metals in rice samples of Mazandaran province by HPLC and atomic absorption spectroscopy. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, *15*(84), 231-242.
12. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Food & Feed-Maximum limit of heavy metals ISIRI. No.12968. 1st. Edition, Karaj: ISIRI; 2010. (In Persian)
13. Karbasi, M., Karbasi, E., Saremi, A., & Ghorbani zade Kharazi, H. (2010). Determination of heavy metals concentration in drinking water resources of Aleshtar in 2009. *Yafte*, *12*(1).
14. Khanam, R., Kumar, A., Nayak, A.K., Shahid, Md., Tripathi, R., Vijayakumar, S., Bhaduri, D., Kumar, U., Mohanty, S., & Panneerselvam, P. (2020). Metal(Loid)s (as, Hg, Se, Pb and Cd) in Paddy Soil: Bioavailability and Potential Risk to Human Health. *Science* of the *Total Environment*, *699*, 134330.
15. Kikuchi, T., Okazaki, M., Toyota, K., Motobayashi, T., & Kato, M. (2007). The input-output balance of cadmium in a paddy field of Tokyo. *Chemosphere, 67*, 920–927. https://doi.org/10.1016/j.*chemosphere*.2006.11.018
16. Kim, H.S., Kim, Y.J., & Seo, Y.R. (2015). An overview of carcinogenic heavy metal: molecular toxicity mechanism and prevention. *Journal of Cancer Prevention*, *20*, 232–240. https://doi.org/10.15430/JCP.2015.20.4.232
17. Kolah Kaj, M., Bataleboui, P., Manipour, H. & Modiri, S. (2016). Investigation of arsenic concentration in rice samples and human input dose in Midwood region, Khuzestan. *Journal of Health and Environment, Scientific Research Quarterly*.
18. Kormoker, T., Porshad, R., Islam, M.D.S, Tusher, T.R., Uddin, M., Khadka, S., Chandra, K. & Sayeed, A. (2021). Presence of toxic metals in rice with human health hazards in Tangail district of Bangladesh. *International Journal of Environmental Health Research*. https://doi.org/10.1080/09603123.2020.1724271
19. Meharg, A.A., Norton, G., Deacon, C. Williams, P. Adomako, E.E., Price, A., Zhu, Y., Li, G., Zhao, F.J., & McGrath, S. (2013).Variation in rice cadmium related to human exposure. *Environmental Science* & *Technology*, *47*, 5613–5618.
20. Nies, D.H. (2003). Efflux-mediated heavy metal resistance in prokaryotes. *FEMS Microbiology Reviews*, *27*, 313–339.

21. Nouri, M. Z., Gholami, M., Mousavi, S.A.A. & Hosseini, S.S. (2014). *Study of rice replanting in Mazandaran and comparison of crop indices of rice cultivars in two cultivations*. The First International Congress and the Thirteenth National Congress of Agronomy and Plant Breeding. 26-28 August.
22. Nozari, H. (2019). Investigation of cadmium, lead and nitrogen in rice in Abarj Fars region. *Iranian Journal of Agriculture and Plant Breeding*, *15*(1), 15-28.
23. Pirrone, N., Cinnirella, S., Feng, X., Finkelman, R., Friedli, H., Leaner, J., Mason, R., Mukherjee, A., Stracher, G., & Streets, D. (2010). Global mercury emission to the atmosphere from anthropogenic and natural sources. *Atmospheric Chemistry and Physics*, *10*, 5951–5964.
24. Punshon, T., Jackson, B.P., Meharg, A.A., Warczack, T., Scheckel, K., & Guerinot, M.L. (2017). Understanding arsenic dynamics in agronomic systems to predict and preven uptake by crop plants. *Science of the Total Environment*, *581-582*, 209–220.
25. Rezaei, L., Alipour, V., Sharafi, P., Ghaffari, H., Nematollahi, A., Pesarakloo, V., & Fakhri, Y. (2021). Concentration of Cadmium, Arsenic and Lead in rice (*Oryza sativa*) and probabilistic health risk assessment: A case study in Hormozgan province, Iran. *Environmental Health Engineering and Management Journal*, *8*(2), 67-75. https://doi.org/10.34172/EHEM.2021.10
26. Roberts, T.L. (2014). Cadmium and phosphorous fertilizers: the issues and the science. *Procedia Engineering*, *83*, 52–59.
27. Rothenberg, S.E., Feng, X., Zhou, W., Tu, M., Jin, B., & You, J. (2012). Environment and genotype controls on mercury accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) cultivated along a contamination gradient in Guizhou. China. *Science of the Total Environment*, *426*(1), 272–280.
28. Selin, N.E. (2009). Global biogeochemical cyclying of mercury: a review. *Annual Review pf Environment and Resources*, *34*, 43.
29. Shirzad, B., & Khakipour, N. (2021). Investigation of heavy metal, lead, cadmium and arsenic contamination in high-consumption Anbarbo rice samples in some areas of Khuzestan province. *Journal of Food Science and Nutrition*, *19*(1), 45-54. https://doi.org/10.30495/jftn.2021.19175
30. Shokrzadeh, M., Rokni, A., & Galstvan, M. (2013). Lead, cadmium and chromium concentration in irrigation supply of Tarom rice in central cities of Mazandaran-Iran. *Journal of Mazandaran University of Medical Science*, *23*(98), 234-242.
31. Sivasinthujah, P., Srikaran, R., Thavaranjit, A.C., Velauthamurty, K., Tharmila, C.J., Abiman, P., & Iyngaran, P. (2014). Contents of nitrate, nitrite and the occurrence of bacteria in fermented cooked parboiled rice and their potential ingestion in the diet. *Journal of Microbiology* and *Biotechnology*, *4*(4), 56-61.
32. States, J.C. (2015). *Arsenic: Exposure Sources, Health Risks, and Mechanisms of Toxicity*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey (Chapter 2).
33. Tang, W., Dang, F., Evans, D., Zhong, H., & Xiao, L. (2017). Understanding reduced inorganic mercury accumulation in rice following selenium application: selenium application routes, speciation and doses. *Chemosphere*, *169*, 369-376.
34. Tatah Mentan, M., Nyachoti, S., Scott, L., Phan, N., Okwori, F. O., Felemban, N., & Godebo, T.R. (2020). Toxic and essential elements in rice and other grains from the United States and other countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(21), 8128. https://doi.org/10.3390/ijerph17218128
35. Tchounwou, P.B., Yedjou, C.G., Patlolla, A.K., & Sutton D.J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Supply Chain Management*, *101*, 64-133.
36. Vahaji, N., Tayefe, M., & Sadeghi, M. (2020). Comparison of the concentration of heavy elements and their weekly absorption in consumed rice planted in different regions of Guilan province. *Ebnesina*, *21*(4), 51-58.
37. WHO. (2004). Joint FAO/WHO Expert Standards. Programme Codex Alimentations Commission. Geneva, Switzerland available in the: http:/www. who. int.
38. Wuana, R.A., & Okieimen, F.E. (2011). Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for remediation. *International Scholarly Research Notices*. https://doi.org/10.5402/2011/402647
39. Zhang, H., Feng, X., Larssen, T., Shang, L., & Li, P. (2010). Bioaccumulation of methylmercury versus inorganic mercury in rice (*Oryza sativa* L.) grain. *Environmental Science & Technology*, *44*, 4499–4504.